

PAT-NO: JP405190901A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05190901 A
TITLE: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING AND
FABRICATION THEREOF
PUBN-DATE: July 30, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YAMAMOTO, OSAMU
SASAKI, KAZUAKI
NAKATSU, HIROSHI
YAMAMOTO, SABURO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SHARP CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP04006806

APPL-DATE: January 17, 1992

INT-CL (IPC): H01L033/00

US-CL-CURRENT: 257/86

ABSTRACT:

PURPOSE: To realize a high-brightness light-emitting element with good reproducibility by making a desired shape of a lens on the surface thereof uniformly with good reproducibility and controllability, thereby efficiently deriving light which is emitted from the active region thereof to greatly improve external efficiency.

CONSTITUTION: An integrated lens layer 3 having a

plurality of lens-like parts 3a on its upper surface is formed on the upper part of a light-emitting element. A GaP growth layer 2 and a GaAs buffer layer are grown on an n-type GaP substrate 1, and raw-material gas is dissolved in accordance with the light-intensity distribution of excimer laser beams to change the temperature of a substrate 1, and the lens-like parts 3a are grown with the growth rate made large in the part upon which strong light is incident. Thereby, the thickness of a growth layer may be freely controlled with the distribution of luminous energy to obtain a desired shape of the lens-like parts with good reproducibility. External efficiency is greatly improved, so that a high-brightness light-emitting semiconductor element with good reproducibility may be realized.

COPYRIGHT: (C)1993, JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-190901

(43)公開日 平成5年(1993)7月30日

(51)Int.Cl.⁵

H01L 33/00

識別記号

庁内整理番号

A 8934-4M

M 8934-4M

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5(全6頁)

(21)出願番号 特願平4-6806

(22)出願日 平成4年(1992)1月17日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 山本 修

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 佐々木 和明

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 中津 弘志

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74)代理人 弁理士 山本 秀策

最終頁に続く

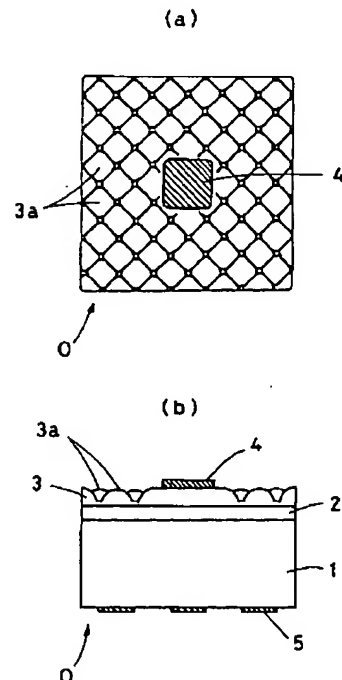
(54)【発明の名称】 半導体発光素子とその製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 表面に所望のレンズ形状を均一に再現性及び制御性よく製作し、活性領域で発光した光が有効に取り出され、外部効率を大幅に改善して高輝度の発光素子を再現性よく実現する。

【構成】 多数個のレンズ状部3aを上面に有するレンズ集積層3を上部に形成する。n型GaP基板1の上にGaP成長層2やGaAsバッファ層を成長し、エキシマレーザ光の光強度分布により原料ガスを分解して基板1の温度を変化し、光の強い部分の成長速度を大きくしてレンズ状部3aを成長する。

【効果】 光量の分布で成長層厚を自由に制御でき、再現性よく所望の形状のレンズ状部が得られる。外部効率を大幅に改善し、高輝度の半導体発光素子が再現性よく実現される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の上に成長層を積層し表面から発光を取り出す表面射出型の半導体発光素子であって、表面に多数個のレンズ状部が形成されたレンズ集積層を上部に積層した半導体発光素子。

【請求項2】 前記レンズ集積層は、前記レンズ状部の裏面側に部分的に複数個の活性層が形成された請求項1に記載の半導体発光素子。

【請求項3】 前記活性層は、曲率を有する曲面で形成された請求項2に記載の半導体発光素子。

【請求項4】 前記レンズ集積層は、前記レンズ状部の裏面側に曲率を有する半導体からなる多層反射層を形成した請求項1に記載の半導体発光素子。

【請求項5】 基板の上に成長層を成長する工程と、照射する光の光強度分布により原料ガスの分解及び基板の温度を変化し光の強い部分の成長速度を大きくしてレンズ状部を成長する工程と、を包含する半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体発光素子の構成に関し、より詳しくは外部効率を大幅に改善して発光ダイオードの輝度を向上させた半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、発光ダイオード（以下LEDと記す）は屋内外の表示デバイスとして脚光を浴びている。LEDは高信頼性を有するため、タングステンランプに代わる光源として各種表示装置に用いられてきた。特に、ドットマトリックス表示を用いた駅構内の案内板や、各種広告塔等にも広く用いられ、さらには、道路情報板等の屋外表示装置や信号灯にも適用されるようになった。LEDは消費電力が低くて済み、IC駆動により多彩な図形や文字を赤色から緑色の範囲で表示できる。使用中、LEDは維持管理もほとんど必要ないことから、益々その用途が広がっている。

【0003】 しかし、特に屋外で使用されるLEDには明るさが必要とされる。これに対して、ドットマトリックスの各ドットに用いられるLEDのランプは、複数個のLEDのチップを搭載している。例えば、道路情報板の各ドットは十数個から数十個のLEDのチップを用いて明るさを確保している。このLEDは、チップ自体の輝度を向上させることで搭載するチップ数を減少させることができ、表示装置全体の消費電力を少なくすることが可能となる。

【0004】 よく知られているように、LEDは屈折率の高い半導体結晶を用いるために、活性領域で発光した光が結晶と空気やモールド樹脂との界面で全反射を受ける。このため、光を有効に取り出されないことになる。いわゆる外部効率の低いことが問題であった。

【0005】 図5はLEDのチップを樹脂で埋め込んだ

場合に、結晶及び樹脂の界面での透過率と、入射角との依存性を計算したグラフである。LEDはP偏向51、S偏向52で透過率が異なる。入射角が約26度の臨界角53より大きい角度で界面に入射する光線は全て全反射され、結晶の外部へは取り出されない。このため、LEDの表面をレンズ状に形成して、光の取り出し効率を向上させる方法が提案されている。

【0006】 図6はマイクロレンズ化したGaAlAsのLEDの概略図である。(a)はその上面図を示し、(b)は断面図を示す。このLEDは、JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS VOL. 30, No5B, MAY, 1991, PP.L910-L913に記載されたものである。このLED100は、液晶成長の特徴であるメルトバックと再成長を利用して約100 μ mのレンズ状部を形成し、表面を凸状にして全反射される光線を減じている。これにより、光の取り出し効率を高め4倍の高輝度化を達成している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 このLED100の製作方法を順をおって説明する。まず、P型GaAs基板101上にSiO₂膜107をスパッタ法で形成し、ホトリソグラフィ法で直径150 μ mの窓を開ける。これをLPE成長炉中でGaAs又はAlGaAs液により選択的にメルトバックさせ、半球状のくぼみ110を形成する。次に、p型AlGaAsクラッド層102、GaAs活性層103、n型AlGaAsクラッド層104、GaAsキャップ層105を再成長する。最後に、基板101をレンズ状のGaAlAsクラッド層102が露出するまでエッチングし、n型電極108、p型電極109を形成して完成する。

【0008】 しかしこの製作方法は、レンズ状部111の形状がメルトバックの性質で一義的に決まるため、自由に変化させることが難しい。また、製作に際して、メルトバックの条件を厳密に制御するとともに再成長層厚も制御する必要がある、制御性、再現性に乏しかった。また、100 μ mに近い再成長層を形成する必要があり、成長時間を要した。

【0009】 本発明は上記のような従来の欠点を改良するために成されたものであり、その目的は所望のレンズ状部を均一に制御性よく製作し、活性領域で発光した光が有効に取り出され、外部効率を大幅に改善して高輝度の発光素子を再現性よく実現することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明の半導体発光素子は、基板の上に成長層を積層し表面から発光を取り出す表面射出型の半導体発光素子であって、表面に多数個のレンズ状部が形成されたレンズ集積層を上部に積層したものであり、そのことにより上記目的が達成される。

【0011】 好ましくは、前記レンズ集積層は、前記レンズ状部の裏面側に部分的に複数個の活性層が形成され

ている。

【0012】好ましくは、前記活性層は曲率を有する曲面で形成されている。

【0013】好ましくは、前記レンズ集積層は前記レンズ状部の裏面側に曲率を有する半導体からなる多層反射層が形成されている。

【0014】好ましくは、基板の上に成長層を成長する工程と、エキシマレーザ光の光強度分布により原料ガスの分解及び基板の温度を変化し、光の強い部分の成長速度を大きくしてレンズ状部を成長する工程と、を包含するものであり、そのことにより上記目的が達成される。

【0015】

【作用】本発明の半導体発光素子は、表面に小さなレンズ状部が多数個形成されたレンズ集積層を上部に積層している。これにより、成長層厚を小さくすることが可能となり、均一性、制御性、再現性よく製作できる。また、レンズの曲率を大きくすることが出来るため、活性領域で発光した光は有効に外部に取り出される。

【0016】この半導体発光素子はn型GaP基板の上にn型GaP成長層を成長し、エキシマレーザ光の光強度分布により原料ガスの分解及び基板の温度を変化し、光の強い部分の成長速度を大きくしてレンズ状部が形成される。それゆえ、光量の分布により成長層厚を自由に制御でき、再現性よく所望の形状のレンズ状部が得られる。ひいては外部効率を大幅に改善し、高輝度の半導体発光素子が実現される。

【0017】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。図1は、本発明半導体発光素子の一実施例を示す。(a)はその上面図を示し、(b)は断面図を示す。この半導体発光素子(発光ダイオードLED)0は、n型GaP基板1の上にn型GaP成長層2、及びp型GaP成長層3が形成されている。p型GaP成長層3は、上面に多数個のレンズ状部3aを形成したレンズ集積層として形成される。

【0018】レンズ状部3aは図1(a)に示すように、例えば角部が円弧状をなす略四角形が多数個密集して形成される。レンズ状部3aの上半部は図1(b)に示すように、凸レンズに似た略半球殻状に形成される。また、p型GaP成長層3の上面のほぼ中央にはp型電極4が形成され、n型GaP基板1の下面にはn型電極5が形成される。

【0019】このLED0は成長層に窒素をドーブして形成されており、黄緑色の発光が得られる。本構造のLED0は光励起MOCVD装置を用いて製作される。このLED0はトリメチルガリウム、ホスフィンにより、n型GaP層2を2 μ m成長したのち、エキシマレーザ光を照射しながらp型GaP成長層3を成長して形成される。マスク44の開口は基板21上で直径20 μ m、25 μ mを周期とし、厚い部分での成長層厚を5 μ mと

した。レンズ状部3aは、エキシマレーザ光強度分布により原料ガスの分解及び基板21の温度が変化されるから、光の強い中央部分の成長速度が大きくなりレンズ形状として形成される。

【0020】図4は本発明によるLED0の製作に用いる光励起MOCVD装置40の主要部分を示す。この光励起MOCVD装置40は、筒状のリアクタ31の中にフローチャンネル32が収容され、フローチャンネル32の中に横方向からサセプタ33が突設されている。リアクタ31の外周壁には高周波コイル34が巻装され、周壁上部にはレーザ導入口37が形成され、周壁側部にはガス導入口35、36が設けられている。また、リアクタ31の上方には、エキシマレーザ41、光量可変フィルタ42、ミラー43、マスク44、光学系45等が配置されている。

【0021】ウエハ39は、リアクタ31、フローチャンネル32の中のサセプタ33の上に置かれる。サセプタ33及びウエハ39は高周波コイル34により所定の温度に加熱される。リアクタ31の中にはガス導入口35より、成長用ガス、ドーパントガスが供給される。エキシマレーザ41から出射されるレーザ光は、光量可変フィルタ42を通過し、ミラー43により直角に屈曲されて、マスク44を透過し光学系45により収束されて、レーザ導入口37よりウエハ39に照射される。

【0022】マスク44は光学系45によりウエハ39に所望のマスクパターンを投影し、選択的に光励起による成長を行うことによって形成される。マスク44とあわせて、レーザ光の発振強度や光量可変フィルタ42を変化させることによりウエハ39に入射するレーザ光の量が変化され、成長層厚が制御される。尚、ガス導入口36からH₂ガスを流しリアクタ31のレーザ導入口37に反応物が付着して、レーザ光が減衰するのを防いでいる。実験によると、このようにして製作されたLED0は、従来の平坦な表面をもつLED0の4倍の輝度を示した。

【0023】図2は、本発明半導体発光素子の第2の実施例を示す。この実施例ではLED10は、n型GaAs基板11の上にn型GaAsバッファ層12、n型Ga0.5Al0.5As/A1As層からなる半導体多層反射層13、n型Ga0.3Al0.7Asクラッド層14、Ga0.65Al0.35As活性層15、p型Ga0.3Al0.7Asクラッド層16、を順次成長して形成されている。

【0024】p型Ga0.3Al0.7Asクラッド層16は、レーザ光を照射して選択的に光励起による成長を行うことによって、表面に多数個のレンズ状部16aを有するレンズ集積層16が形成される。レンズ状部16aは図(b)に示すように上半部が凸レンズ状に形成され、図(a)に示すように多数個密集して形成される。

【0025】Ga0.65Al0.35As活性層15も同様にレーザ光を照射してレンズ状部16aの直下のみ選択的

に光励起による成長を行うことによって、p型Ga0.3Al0.7Asクラッド層16の裏面側に複数個の部分活性層15が形成される。このLED10は、中心波長660nmの赤色の発光を示す。レンズ状部16aの直下のみ部分的にGa0.65Al0.35As活性層15を成長させているのは、電極で覆われているため発光しても表面には取り出せず、さらにレンズ状部16aの周辺からレーザ光線はレンズ状部16aで反射され、有効に取り出されないためである。

【0026】n型電極17はn型GaAs基板11の下面に形成され、p型電極18はp型Ga0.3Al0.7Asクラッド層16の上面に形成される。p型電極18は電極金属を全面に蒸着したのちレジストを塗布し、レンズ状部16aの塗布厚みが薄いものを利用してレンズ状部16aのみ取り去った。レンズ状部16a以外が電極で覆われており、均一に電流が注入される利点がある。また、p型クラッド層16の厚みは高濃度でドーピングしたり、厚く成長する必要がない。このLED10を5mmφランプにモールド実装したところ、20mAの順方向電流で10カンデラと従来にない高い輝度を示した。

【0027】図3は、本発明半導体発光素子の第3の実施例を示す。この実施例ではLED10は、n型GaAs基板21上にp型GaAsバッファ層22、n型Ga0.5Al0.5As/AlAs層からなるInGaAlP半導体多層反射層23、p型In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pクラッド層24、In0.5(Ga0.5Al0.5)P活性層25、n型In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pクラッド層26、n型GaAlAsキャップ層27がこの順に積層されている。n型GaAlAsキャップ層27の上にはn型電極28が形成され、n型GaAs基板21の下面にはp型電極29が形成される。

【0028】この実施例では、LED20は次のように製作される。p型GaAsバッファ層22は、p型GaAs基板21の上にレーザ光を照射して、部分的に薄くなるようにn型GaAs基板21の温度を比較的高温にして成長される。これはレーザ光を照射した部分の温度が上昇し、再蒸発が活発になることにより生じる。

【0029】次に、InGaAlP半導体多層反射層23を積層し、さらにp型In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pクラッド層24をレーザ光を照射しながら、n型GaAs基板21の温度を比較的低温で成長し、成長表面が凸状になるよう形成される。

【0030】さらに、In0.5(Ga0.5Al0.5)P活性層25、n型In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pクラッド層26、n型GaAlAsキャップ層27を順次成長した。n型GaAlAsキャップ層27は、レンズ状部24aをエッチングで除去し、n型電極28、p型電極29が形成される。p型GaAsクラッド層24が曲率を有するため、その上の層もこの曲率に従って表面はレンズ状に形成される。In0.5(Ga0.5Al0.5)P活

性層25から表面に向かう光線は、レンズ状部24aの表面におおよそ垂直に入射するため有効に取り出される。このLED20を5mmφのランプにモールド実装したところ、3カンデラの中心波長565nmの緑色発光が得られた。

【0031】本発明は半導体発光素子を構成する材料や、半導体発光素子の波長を限ることなく適用できる。例えば、GaAs系やZnSSe系、ZnCdSSe系、InGaAsP系の各材料のLEDに適用出来る。また、エキシマレーザの代わりにアルゴンイオンレーザ、He-Neレーザ、各種レーザのSHG光、THG光並びにハロゲンランプ等を単独で、また組み合わせて使うことが出来る。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、表面に小さなレンズ状部が複数個形成されたレンズ集積層を上部に積層したことにより、活性領域で発光した光は結晶と空気やモールド樹脂との界面で全反射を受け、有効に取り出される。従って、外部効率を大幅に改善し、高輝度の半導体発光素子が再現性よく実現される。また、成長層厚を小さくすることが可能となり、均一性、制御性、再現性よく製作できる。

【0033】なお、請求項2に記載のものでは、その活性層から表面に向かう光線は、レンズ部の表面に垂直に入射され、有効に取り出される。

【0034】請求項3に記載のものでは、部分的な活性層が曲率を有する曲面で形成され、その上の層もこの曲率に従って表面はレンズ状に形成される。

【0035】請求項4に記載のものでは、多層反射層は凹面鏡の働きをして、光を表面から有効に取り出される。

【0036】請求項5に記載のような製造方法によれば、光の強い部分の成長速度を大きくしてレンズ形状が成長され、光量の分布により成長層厚を自由に制御でき、再現性よく所望の形状のレンズ状部が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明半導体発光素子の第一の実施例を示す概略図。

【図2】本発明半導体発光素子の第二の実施例を示す概略図。

【図3】本発明半導体発光素子の第三の実施例を示す概略図。

【図4】本発明半導体発光素子の製造装置を示す断面図。

【図5】透過率の入射角度依存性を説明する図。

【図6】従来の半導体発光素子を示す概略図。

【符号の説明】

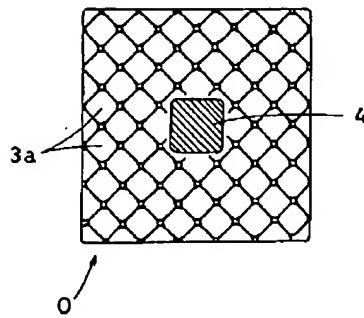
0	10	20	発光ダイオード(LED)
1			GaP基板
2			n-GaP成長層、

3	7	p-GaP成長層、
4 18 29	p型電極	
5 17 28	n型電極	
11 21	GaAs基板、	
12 22	バッファ層	
13 23	半導体多層反射層	
14 26	n-クラッド層	

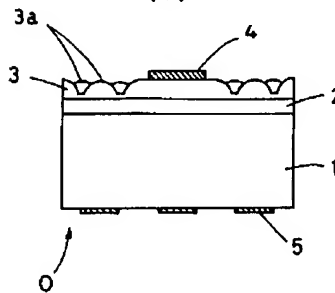
15 25	活性層
16 24	p-クラッド層
27	キャップ層
30	ウエハー
31	リアクター
32	フローチャネル
33	サセプタ

【図1】

(a)

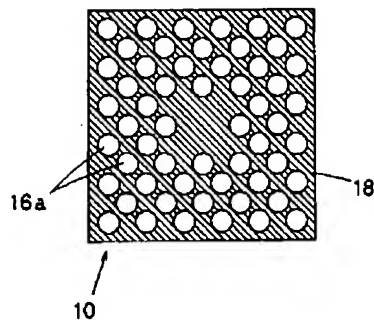


(b)

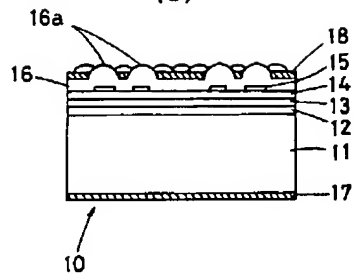


【図2】

(a)

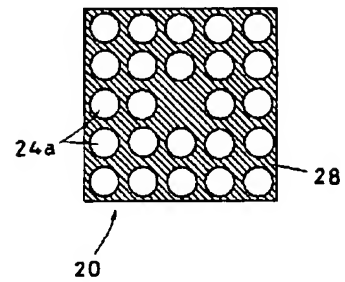


(b)

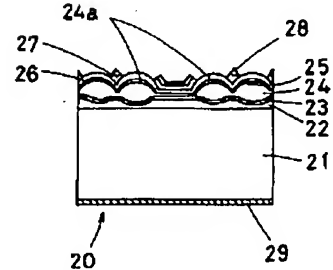


【図3】

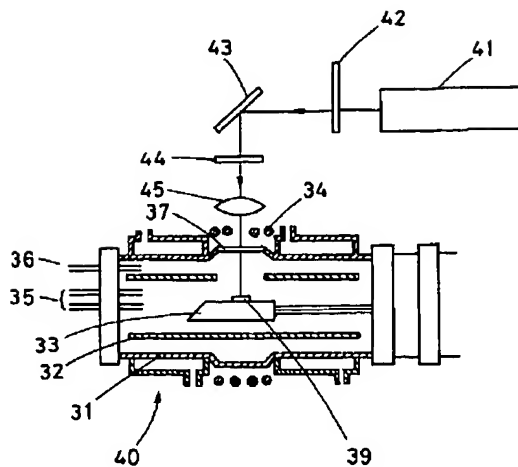
(a)



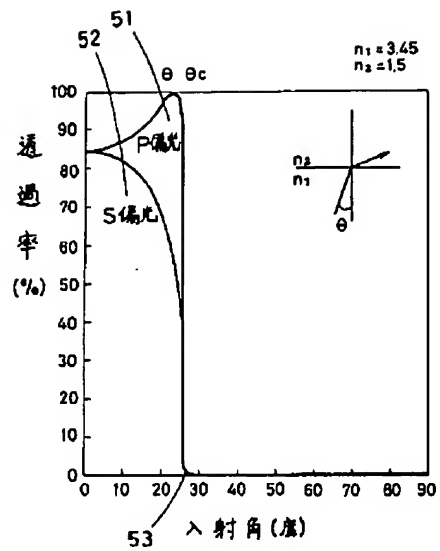
(b)



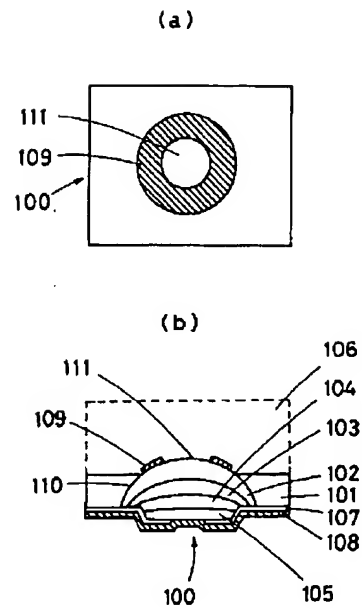
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 三郎
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内